



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kari Järviö

AUTOMAATIO-OSAKOKOONPANON MÄÄRITTELY JA VAATIMUKSET UUDELLE TUOTTEELLE

Tekniikka
2020

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Kari Järviö
Opinnäytetyön nimi	Automaatio-osakokoonpanon määrittely ja vaatimukset uudelle tuotteelle
Vuosi	2020
Kieli	suomi
Sivumäärä	49 + 4 liitettä
Ohjaaja	Marko Iskala

Työn tarkoituksena on tutkia menetelmiä, joilla ison dieselmoottorin automaatio-osakokoonpano pystytään kokoonpanemaan ja testataamaan täydellisesti ennen paikoilleen asennusta. Työ tehdään Wärtsilä Finland Oy:lle DCV:n toimipisteessä ja kohdistuu uuteen tuotteeseen.

Uuden tuotteen automaatio-osakokoonpanoon etsitään oikeita määrittelyjä, vaatimuksia ja tuotesuunnittelulle suunnitteluohjeita. Oikeilla määrittelyillä, vaatimuksilla ja ohjeilla tähdätään erityisesti kustannustehokkuuteen ja kokoonpanon läpimenoaikaan. Työ kohdistuu havaittuihin ongelmakohtiin. Huomioitavia asioita ovat myös työkalusuunnittelu, työergonomia ja työturvallisuus. Käytettäviä työkaluja ovat SAP, PDM, Teamcenter, MES, M-Files, Microsoft Teams, Skype ja oma kokemus.

Tutkimuksissa selvisi, että aikaisemmissa automaatioon liittyvissä suunnitteluissa ei ole riittävästi otettu huomioon osakokoonpanoja. Tästä johtuen osakokoonpanoja ei pystytä hyödyntämään parhaalla mahdollisella tavalla. Osakokoonpanon täydellisyys ja kaapelireittien merkitys oli keskeisessä roolissa tutkimusta tehdessä.

ABSTRACT

Author	Kari Järviö
Title	Specifications and Requirements of Automation
Pre-assembly	
Year	2020
Language	Finnish
Pages	49 + 4 Appendices
Name of Supervisor	Marko Iskala

The purpose of this thesis is to study the method of automation pre-assembly to large diesel engine, how a complete pre-assembly can be fully tested before the main assembly. This thesis was made for Wärtsilä Finland Oy, DCV office and focuses on a new product.

Correct specifications and requirements were determined for the new product automation pre-assembly and instructions for the product design. The purpose of the specifications and requirements are low cost and low lead time. The work focuses on identified problem areas. Tools design, work ergonomics and safety were also observed. Used tools were SAP, PDM, Teamcenter, MES, M-Files, Microsoft Teams, Skype and my own knowledge.

The result of this study indicates that the design has not observed automation pre-assembly sufficiently. As a result, subassemblies cannot be utilized in the best possible way. A full and complete pre-assembly and the significance of cable and cable rails had a big role in this thesis.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

LIITELUETTELO

1	JOHDANTO	9
2	YRITYSESITTELY, WÄRTSILÄ	10
3	MOOTTORIAUTOMAATIOJÄRJESTELMIEN PERUSKÄSITTEET	13
4	KÄYTÖSSÄ OLEVAT TOIMINTAMALLIT	17
4.1	Toimintamalli W31	17
4.1.1	Alihankkijoiden osakokoonpanot.....	18
4.1.2	Kokoonpano jigillä.....	18
4.1.3	Kokoonpano kokoonpanolinjalla / kokoonpanosolussa.....	19
4.2	Toimintamalli W32 / 34.....	20
4.2.1	Alihankkijoiden osakokoonpanot.....	20
4.2.2	Kokoonpano kokoonpanolinjalla / kokoonpanosolussa.....	21
4.3	Toimintamalli W20	22
4.3.1	Alihankkijoiden osakokoonpanot.....	22
4.3.2	Kokoonpano kokoonpanolinjalla	23
5	TULEVA TOIMINTAMALLI.....	24
6	KESKEISIMMÄT AKTIVITEETIT	25
7	EDUT JA HAITAT	26
8	LAATU.....	27
9	SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVIA ASIOITA.....	38
9.1	”Pinta-asennus”	38
9.2	Turbon anturointi	38
9.3	Lohkon sisälle tulevat anturit.....	38
9.4	Kaapelien kiinnitys	38
9.5	Sylinterikohtaiset varusteet.....	39

9.6 Komponenttien sijoitus	40
10 OSAKOKOONPANO	41
11 TYÖKALUT	42
12 SWOT-ANALYYSI	43
13 YHTEENVETO	46
13.1 Läpimenoaika.....	46
13.2 Laatu	46
13.3 Kustannustehokkuus	46
13.4 Työn eteneminen ja tulokset	46
14 LOPPUSANAT	47
LÄHTEET	48

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Marine Business. /2/	10
Kuva 2. Energy Business. /3/	11
Kuva 3. Sijainti. /4/.....	11
Kuva 4. STH. /5/.....	12
Kuva 5. Automaatiokomponentteja. /6/.....	13
Kuva 6. Peruskäsitteitä. /7/	14
Kuva 7. W31-genset. /8/.....	17
Kuva 8. Oranssilla keskus ja sähkösivuluukku. /9/	19
Kuva 9. W34 Genset. /10/	20
Kuva 10. W20-moottori. /11/	22
Kuva 11. Kaapelikisko1, mallintaminen.	27
Kuva 12. Kaapelikisko 2, mallintaminen.	28
Kuva 13. Kaapelikisko 1, muovista tulostettu malli.	28
Kuva 14. Kaapelikisko 2, muovista tulostettu malli.	29
Kuva 15. Parannetut versiot tulostimessa.....	30
Kuva 16. Kiinnitysreiät avattu hahloiksi.	31
Kuva 17. Kaapelisiteille määritetty paikoitus.	32
Kuva 18. Kaapelinippu suojattu kiskon takapuolelle.....	33
Kuva 19. Mallinnetussa kiskossa kiinnitysruuvit hyvin esillä.	34
Kuva 20. Malliesimerkki hyvästä suunnittelusta.....	35
Kuva 21. Malliesimerkki hyvästä suunnittelusta.....	36
Kuva 22. Periaatteellisen piirustuksen kaapelimitoitukset.....	37
Kuva 23. Sylinteripaineanturin liitin. /12/.....	40
 Taulukko 1. Merkinnät	 15
Taulukko 2. SWOT-analyysi, osakokoonpano	43
Taulukko 3. SWOT-analyysi, automaation suunnittelu	44

LIITELUETTELO

LIITE 1. Tuleva toimintamalli

LIITE 2. Keskeisimmät aktiviteetit

LIITE 3. Edut ja haitat

LIITE 4. Osakokoonpano

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

SAP - Systems, Applications, and Products in Data Processin, liiketoimintaohjelmisto

PDM - Product Data Management, tuotetiedonhallinnan ohjelmisto

MES - Manufacturing Execution System, valmistuksenohjausjärjestelmä

DCV - Delivery Centre Vaasa, Vaasan toimitusyksikkö

HFO - Heavy Fuel Oil, raskas polttoöljy

LFO - Light Fuel Oil, kevyt polttoöljy

LNG - Liquefied Natural Gas, nesteytetty maakaasu

DF	-	Dual Fuel, kaksoispolttoaine
SG	-	Spark-ignited Gas engine, kipinäsytytteinen kaasumoottori
UNIC	-	Unified Control, moottorin valvonta- ja ohjausjärjestelmä
CAN	-	Control Area Network, tiedonsiirtoväylä
CCM	-	Cylinder Control Module, sylinterikohtainen ohjausmoduuli
IOM	-	Input Output Module for engine control system, I/O-moduuli moottorin hallintaan
TC	-	Turbo Charger, turboahdin
EWG	-	Exhaust Waste Gate, pakokaasun hukkaportti
AWG	-	Air Waste Gate, ahtoilman hukkaportti
ABP	-	Air By-Pass, ahtoilman ohivuotoportti
WTB	-	Wire Terminal Box, kytkentärasia
MODA	-	Marine Operational Development Automation Robot, toiminnallinen dataa käsittelevä tuotekehitysrobotti

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on uuden tuotteen automaatio-osakokoonpanon määrittelyjen ja vaatimusten kartoitus suunnittelulle. Tarkoituksena on tehdä kattava tutkimus huomioon otettavista asioista.

Työssä tulee hyödyntää aikaisemmin opittuja asioita. Hyvänä vertailukohtana toimii moottorityypin W31 automaatio-osakokoonpano, joka suoritetaan jigissä. Jigillä suoritetaan myös osittainen automaatiokomponenttien testaus. Tähän opinnäytetyöhän liittyvä uuden tuotteen automaatio-osakokoonpano ja testaus tullaan suorittamaan myös jigillä. Opinnäytetyön suorituksen aikana ei valmistu yhtään tuotetta, johon tämä työ liittyy. Projekti on aikaisessa suunnitteluvaiheessa. Tämä antaa mahdollisuuden vaikuttaa moneen asiaan.

2 YRITYSESITTELY, WÄRTSILÄ

Wärtsilä on globaali teknologia-alan yritys merenkulku- ja energiamarkkinoilla. Henkilöstömäärä on noin 18 800. Toimipisteitä on yli 200 noin 80 maassa. Liikevaihto vuonna 2019 oli 5 170 Meur. /1/

Yritys jakautuu kahteen eri divisioona: Marine Business ja Energy Business. Pääkonttori sijaitsee Helsingissä.

Marine Business tuottaa älykkäitä ratkaisuja merenkulun navigointiin ja energiantuotantoon. Näille integroiduille järjestelmille pystytään tarjoamaan koko elinkaareen kattavat ratkaisut. /2/



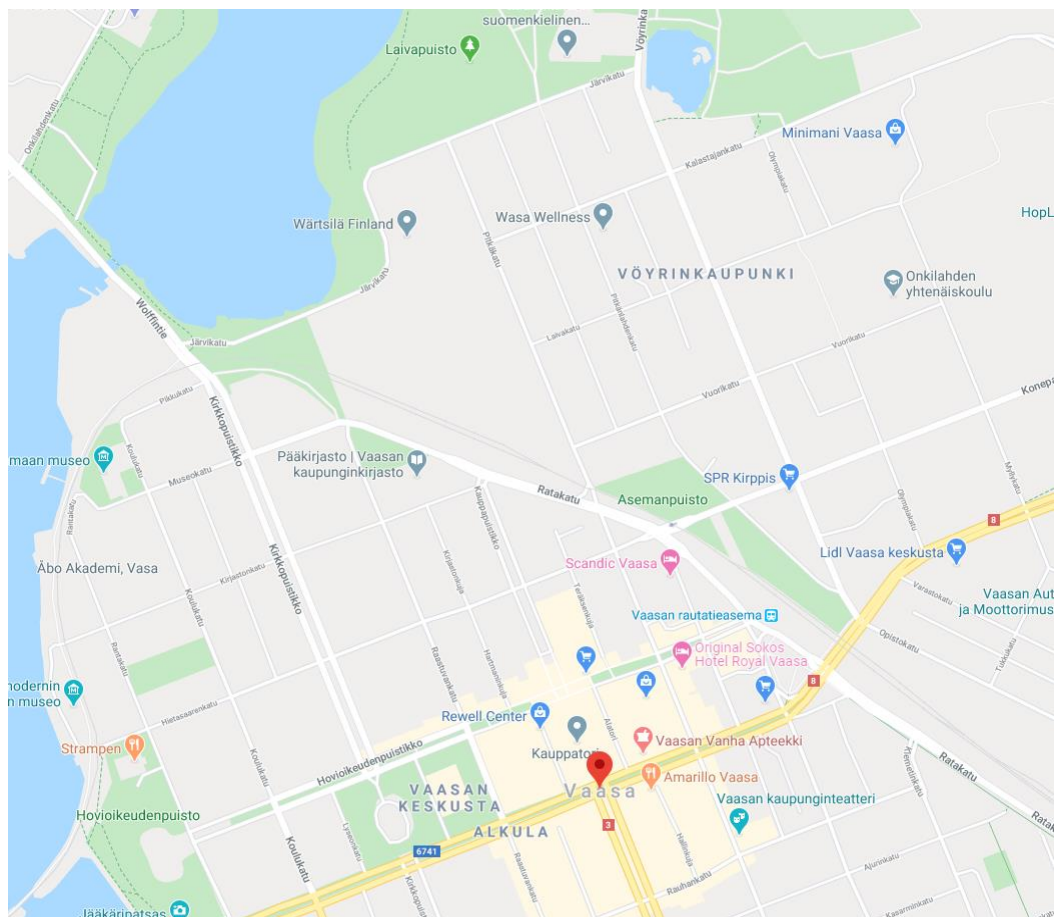
Kuva 1. Marine Business. /2/

Energy Business tarjoaa joustavia ratkaisuja energian tuotantoon, hallintaan ja varastointiin. /3/



Kuva 2. Energy Business. /3/

DCV:n tuotetehdas sijaitsee Vaasan kaupungin alueella, ydinkeskustassa (**Kuva 3.**).



Kuva 3. Sijainti. /4/

DCV:llä valmistetaan moottoreita Marine- ja Energy Businekselle. Valmistettavat moottorit ovat tyypeiltään W20, W31 ja W32/34. Näiden nelitahtimoottoreiden polttoaineena on pääsääntöisesti diesel (HFO/LFO), kaasu (LNG) tai molemmat (DF). Tehoa näissä moottoreissa on 800-10000kW / 720-1200rpm.

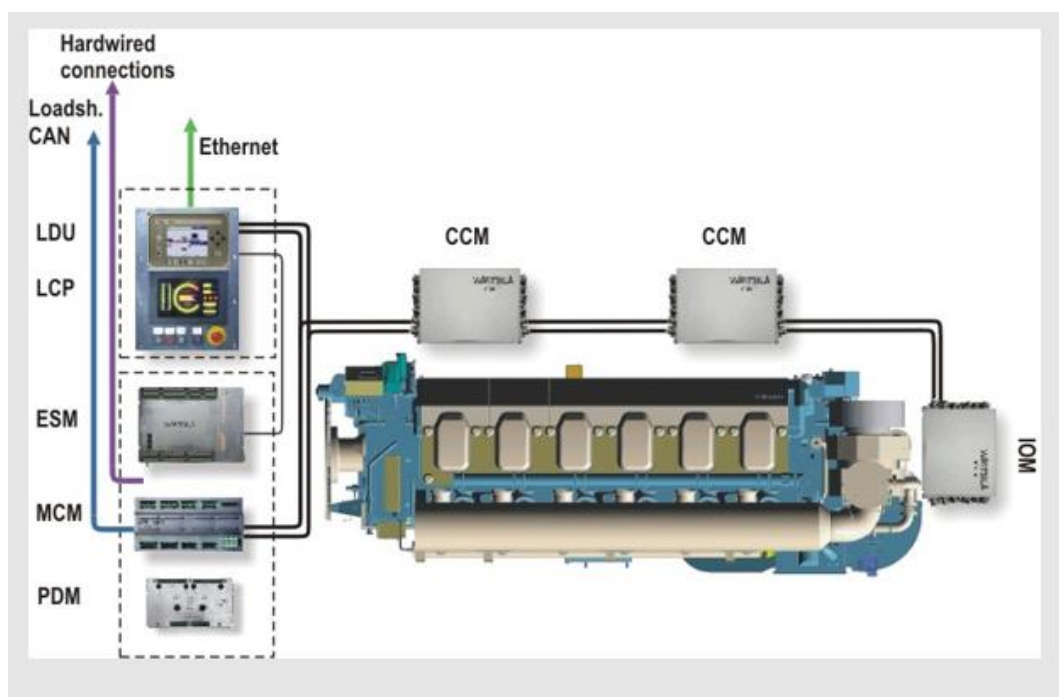
DCV:n aikakausi alkaa olla loppuillaan ja Vaskiluotoon valmistuva Smart Technology Hub puhalttaa uutta tuulta Vaasan Wärtsilän toimintaan.



Kuva 4. STH. /5/

3 MOOTTORIAUTOMAATIOJÄRJESTELMIEN PERUSKÄSITTEET

Moottorin automaatio koostuu erilaisista peruskomponenteista. Komponenteista koostuu järjestelmä, jota kutsutaan UNIC-järjestelmäksi (Unified Control). Järjestelmästä on eri kehitysversioita, jotka poikkeavat toisistaan. Perusperiaate on kuitenkin sama. Yksittäisiä antureita ja toimilaitteita lukuunottamatta, moduulit ja laitteet ovat yhdistetty toisiinsa kahdennetuilla CAN- tai HSR-väylillä (**Kuva 5**).



Kuva 5. Automaatiokomponentteja. /6/

UNIC main modules

- LDU Display Unit
- ESM Engine Safety Module
- MCM Main Controller Module
- CCM Cylinder Control Module
- IOM IO Modules
- PDM Power Distribution Module

Kuva 6. Peruskäsitteitä. /7/

Wärtsilän automaatiokomponentteihin liittyviä lyhenteitä on satoja. Kaikkea ei voi kirjoittaa auki, mutta seuraavassa taulukossa avataan hiukan komponentteihin liittyviä lyhenteitä ja käsitteitä. Jokainen automaatiokomponentti on nimetty. Nimessä on yleensä kirjain- ja numeroyhdistelmä. Kaikki kaapelit merkataan kaapelimerkein, anturit ja toimilaitteet merkitään lisäksi lohkomerkeillä, lukuunottamatta sylinterikohtaisia antureita.

Kirjainyhdistelmä kertoo mitattavan suureen tai kuvaa toiminnallisuutta. Numeroyhdistelmä kertoo mitä ja mistä mitataan tai säädetään. (**Taulukko 1.**)

Taulukko 1. Merkinnot

AUTOMAATIOKOMPONENTTIEN YLEISIMPIÄ MERKINTÖJÄ (WÄRTSILÄ)	
Kaksi ensimmäistä kirjainta kuva laitteiden toimintaa	Kuvaus
CV	Solenoidiventtiili / säätöventtiili
GS	Asentokytkin
GT	Asentotunnistin
LS	Pintakytkin
LT	Pinnan korkeustunnistin
PS	Painekatkaisin
PT	Paineanturi
SE	Turbon nopeusanturi tai nakutusanturi
ST	Nopeusanturi
TE	Lämpötila-anturi
EV	Sytytyspuola
Kolmaskirjain kuva jotain erikoistoimintaa	esim PTD on paine-ero lähetin(diff.)

Numerosarjan ensimmäinen numero kuvaa mitä mitataan	Kuvaus
1	Polttoaine
2	Öljy
3	Ilma (käynnistys, instrumentti)
4	Jäähdytysvesi
5	Pakokaasu ja sylinterinpaine
6	Ahtoilma (+nakutusanturit)
7	Runkolaakerit, sylinterinputken ja BEP lämpötila + pyörityslaite
9	Kaasujärjestelmä + sytytys
Toinen kolmas ja mahdollinen neljäs numero tai kirjain kuvaa sijaintia tai järjestyslukua.	
esim. TE7091B	
TE	Lämpötila-anturi
7	Sylinterinputki
09	Sylinteri 9
1	Sijainti: vauhtipyöränpuoleinen
B	B-puoli

4 KÄYTÖSSÄ OLEVAT TOIMINTAMALLIT

Käytössä olevat prosessit tutkitaan tarkasti. Näistä varsin erilaisista toimintatavoista pyritään hyödyntämään opittu tietotaito.

Automaation asennukseen ja testaamiseen on tuotannossa kolme erilaista toimintatapaa. Eri moottorityypeillä on erilaiset toimintamallit.

4.1 Toimintamalli W31

Moottoriperheessä on vain V-moottoreita. Pienin moottori on 8 sylinterinen ja suurin moottori on 20 sylinterinen. Automaatio rakentuu kolmessa eri vaiheessa.



Kuva 7. W31-genset. /8/

4.1.1 Alihankkijoiden osakokoonpanot

Sähkökeskus kasataan alihankintana. Tämä osakokoonpano sisältää komponenttien sijoittamisen keskuksen. Keskukselta lähtevät kaapelit ja anturit kytkennät niiltä osin kuin mahdollista. Keskuksen mukana tuleva kaapelointi sisältää sisäänvedon, kytkennän ja niputuksen keskuksen sisällä.

Sähkösisivuluukut kokoonpannaan alihankintana. Tämä kokoonpano sisältää mekaanisen kokoonpanon, CCM- / IOM-moduulien asennuksen, CCM- / IOM-moduulien kytkentöjä ja tarvittavat kaapeloinnit.

Turbo-osakokoonpanon automaatiomoduuili kokoonpannaan myös alihankintana. Osakokoonpano sisältää TC-IOM-moduulit, kaapeleita, anturit ja asennuskiskon. IOM-moduulit asennetaan asennuskiskoon.

SG-moottoreissa on erillinen sytytysjärjestelmämoduuli, joka osakokoonpannaan alihankintana.

4.1.2 Kokoonpano jigillä

Jigillä kasataan sähkösisivuluukut, sivuprofiili ja sähkökeskus yhdeksi kokonaisuudeksi. Tähän kokonaisuuteen lisätään anturit ja kaapeloinnit, joita alihankkijoiden osakokoonpanot ei sisällä. Lopuksi osakokoonpano testataan niiltä osin kuin mahdollista. Testaus sisältää ohjelmistojen lataukset ja antureiden tarkistukset. Myös TC-automaatiomoduuili on testissä jigillä.

Jigillä tapahtuva kokoonpano sisältää myös mekaanista työtä. Mekaaninen työ on tarkka kokoonpano, joka vaatii jigiltä millimetrin tarkkuutta. Tässä kokoonpanossa liitetään sähkösisivuluukku sivuprofiiliin. Sivuprofiili sisältää alumiinisen sivuprofiilin suojineen ja tukineen. W31V20-moottorissa sivuprofiilin pituus on 6949 mm ($\pm 0,5$ mm). Tämä tarkoittaa yli seitsemän metrin kokonaismittaa sivuluukun kokoonpanolle.

4.1.3 Kokoonpano kokoonpanolinjalla / kokoonpanosolussa

Moottorin pääkokoonpano on jaettu seitsemään vaiheiseen. Vaiheiden suunniteltu kesto on 16 h/vaihe. Jigillä kasattu osakokoonpano asennetaan vaiheessa kaksi. Osakokoonpano asennetaan yhtenä kokonaisuutena, mikä vaatii hyvin suunnitellun nostovälineen.

Vaiheella kuusi asennetaan sytytysjärjestelmämoduuli (SG-moottorit).

Automaatioon liittyvät työt jatkuvat läpi kokoonpanovaiheiden. Työt koostuvat pääsääntöisesti anturoinneista, niputuksista ja testauksesta. Kaikkia toimilaitteita ja antureita ei pystytä asentamaan jigillä, joten nämä kytketään kokoonpanossa.

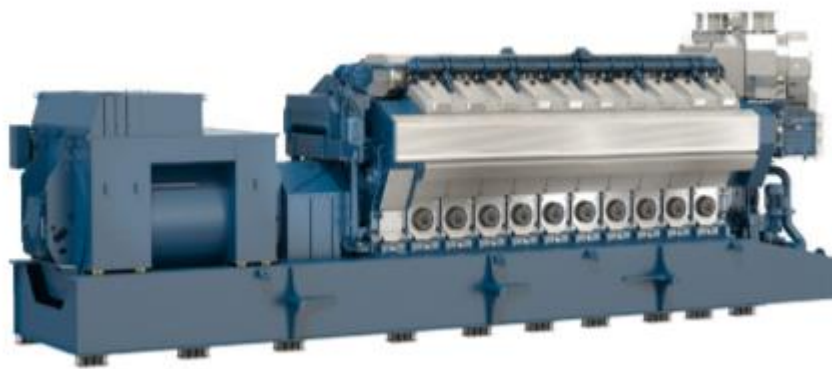
Turbolinjalla asennetaan TC-IOM moduuli ja siihen kuuluvat anturit ja turbon osakokoonpanoon. Turboon asennettavia toimilaitteita EWG, AWG ja ABP ei voida kytkeä täysin valmiiksi. Näille toimilaitteille syöttö- ja väyläkaapelit tulevat suoraan keskukselta. Toimilaitteet kytketään pääkokoonpanossa turbon asennuksen jälkeen. Toimilaitteiden kytkentä on haasteellista sijaintinsa takia. Erityisesti ABP on ahtaassa paikassa ja asentaja joutuu käyttämään peiliä nähdäkseen kytkeä toimilaitteen.



Kuva 8. Oranssilla keskus ja sähkösivuluukku. /9/

4.2 Toimintamalli W32 / 34

Moottoriperheeseen kuuluu V- ja L-moottoreita. Pienin V-moottori on 12 sylinterinen ja suurin V-moottori on 20 sylinterinen. L-moottoreista pienin on 6 sylinterinen ja suurin L-moottori on 9 sylinterinen. Toimintamallissa on kaksi eri vaihetta.



Kuva 9. W34 Genset. /10/

4.2.1 Alihankkijoiden osakokoonpanot

Alihankkijat kokoonpaneavat keskukset. Keskukset toimitetaan yksittäisiä poikkeuksia lukuunottamatta täydellisinä. Poikkeuksia ovat optional-anturit, säädinlaitteen kaapeli (joissain jaoksissa) ja piirustusten revisiomuutoksien aiheuttamat ongelmat.

Tässä moottorityypissä on sivuluukusta kaksi eri versiota. Vanhempi versio on alumiiniprofiili, johon alihankkija kiinnittää CCM- ja IOM-moduulit. Uudempi versio on erillinen alumiiniprofiili, johon erillinen sähkösivuluukku kiinnitetään. Sähkösivuluukku sisältää CCM- ja IOM-moduulit. Moduulit kytketään ja kaapeloidaan piirustusten mukaisesti.

Alihankintana valmistetun turbomoduulin Cable Harness sisältää IOM-TC moduulin ja anturoinnin.

SG-moottoreissa on sytytysjärjestelmämoduuli, joka myös osakokoonpannaan alihankintana.

4.2.2 Kokoonpano kokoonpanolinjalla / kokoonpanosolussa

Pääkokoonpano on jaettu seitsemään vaiheeseen. Vaiheiden suunniteltu kesto on 16 h/vaihe. Vaiheessa yksi asennetaan runkolaakerien lämpötila-anturit, kiertokangen alasilmukan lämpötila-anturien kaapelointi ja öljynpinta-anturit. Vaiheessa kolme asennetaan sivuluukut ja kiertokangen alasilmukan lämpötilamittauksen lähetin ja vastaanotin. Asennus sisältää ainoastaan mekaanista työtä. Vaiheessa viisi alkaa varsinaiset automaatioon liittyvät työt. Työt alkavat keskuksen asennuksella. Sähkötyöt jatkuvat vaiheissa 5, 6 ja 7. Nämä vaiheet sisältävät kaapelin vetoa, niputusta, anturointia, kytkemistä, ohjelmistojen latauksen ja testauksen.

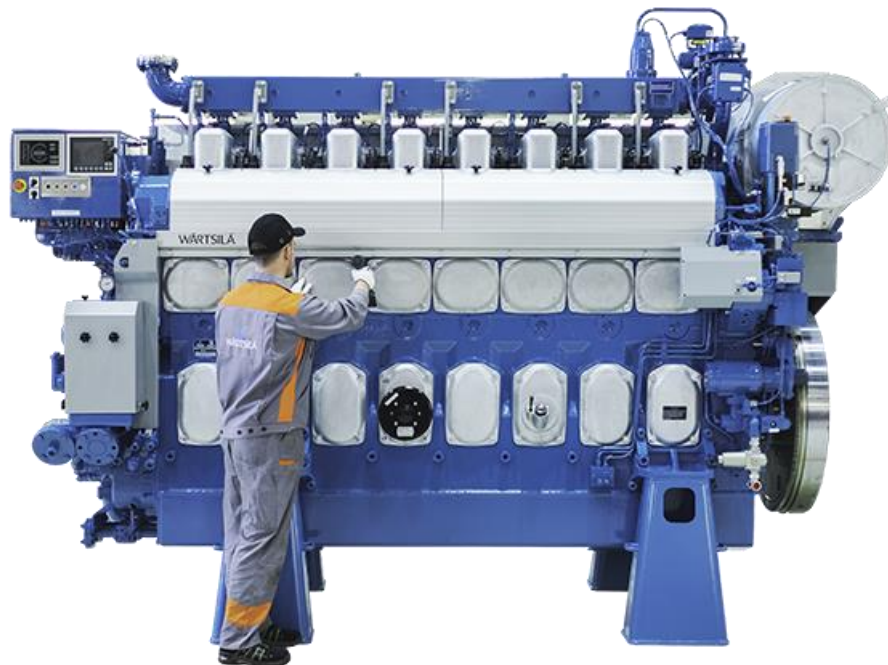
Turbomoduulin Cable Harness asennetaan turbolinjalla. Turbomoduuli asennetaan pääkokoonpanon vaiheessa neljä.

SG-moottoreissa sytytysjärjestelmämoduuli asennetaan vaiheessa kuusi.

Tuoteperheen variaatiot sisältävät myös erilaisia kokonaisuuksia. Näistä mainittakoon generaattorin IOM-moduli, LOM-kytkentärasia / Cable Harness ja öljysumuhälytin. Poikkeuksia lukuunottamatta asennus ja kytkentä tapahtuu pääkokoonpanossa.

4.3 Toimintamalli W20

Tuoteperheessä vain L-moottoreita. Pienin moottori on 4 sylinterinen ja suurin moottori on 9 sylinterinen. Toimintamallissa on kaksi eri vaihetta.



Kuva 10. W20-moottori. /11/

4.3.1 Alihankkijoiden osakokoonpanot

Keskukset kokoonpannaan alihankintana. Keskuksen kokoonpano sisältää keskuksen sisälle kuuluvia komponentteja, kaapeleita ja antureita. Anturit ja kaapelit ovat valmiiksi kytkettynä ja keskus valmiiksi johdotettuna.

Automaatiomoduli (sähkösisäluukku) kokoonpannaan myös alihankintana. Alihankinta sisältää kaapelointia, anturointia, CCM- ja IOM-moduulien asennuksen. Kaapelit ja anturit ovat myös valmiiksi kytkettynä. Keskus ja automaatiomoduli yhdistetään alihankkijalla.

4.3.2 Kokoonpano kokoonpanolinjalla

Pääkokoonpano on jaettu kuuteen eri vaiheeseen. Vaiheiden suunniteltu kesto on 16 h/vaihe. Automaatioon liittyvät työt aloitetaan vaiheessa yksi ja työ jatkuvat tasaisesti kaikkien vaiheiden välillä.

Dieselmootoreissa ohjelmistot ladataan jo ennen keskuksen ja automaatiomodulin asennusta. DF-mootoreissa ohjelmistot ladataan testauksen yhteydessä vaiheessa kuusi.

Keskus ja automaatiomoduli asennetaan vaiheessa kaksi.

Automaation osalta kokoonpanon työt sisältävät anturointia, kaapelointia, kytkentää, ohjelmointia ja toiminnan testausta.

5 TULEVA TOIMINTAMALLI

Tulevassa toimintamallissa kuvataan toiminnan eri vaiheet. Pyritään rakentamaan toimintamalli, jossa läpimenoaika, tehokkuus, työturvallisuus ja kustannukset ovat parhaalla mahdollisella tasolla. Uuden toimintamallin hahmotelma liitteessä (**Liite 1**).

6 KESKEISIMMÄT AKTIVITEETIT

Tässä osiossa tarkastellaan olemassa olevia aktiviteetteja ja hahmotellaan tulevia aktiviteetteja. Tällä pyritään määrittelemään tarvittavat aktiviteetit tuleville kokoonpanoille. MES-aktiviteetit määrittelevät kokoonpanojen työjärjestyksen ja materiaalien ohjauksen. Olemassa olevat ja tulevat aktiviteetit kuvaillaan liitteessä **(Liite 2)**.

7 EDUT JA HAITAT

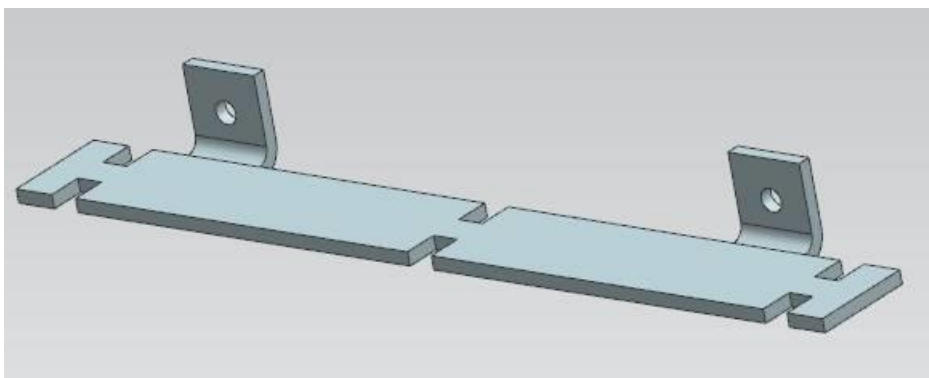
Olemassa olevista toimintamalleista pyritään poimimaan toimivat ratkaisut uuden tuotteen tuotannollistamisessa. Edut ja haitat käsitellään erikseen liitteessä (**Liite 3**).

8 LAATU

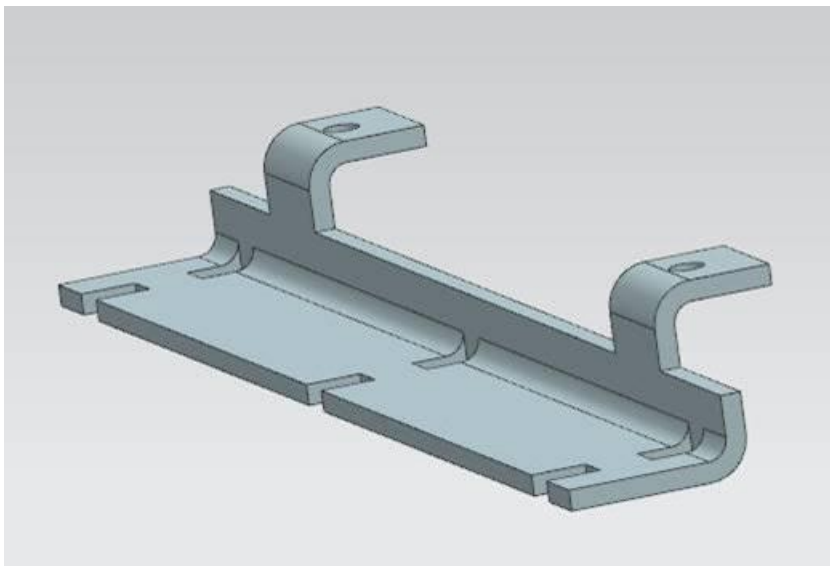
Tässä tutkimuksessa laadun osalta keskitytään siihen, miten työjärjestyksellä ja suunnittelulla voidaan vaikuttaa laadun varmistukseen. Yksittäisten komponenttien laatuun ei keskitytä.

Työjärjestystä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon, että automaatio-osakokoonpano tulisi asentaa oikealla hetkellä. Liian aikainen asennus altistaa komponentit kolhuille ja muille mahdollisille vaurioille. Vuonna 2019, SAP notificaatioden perusteella, W32/34-linjakokoonpanossa vaihdettiin kokoonpanoprosessien eri vaiheissa rikkoutuneita automaatiokomponentteja ennen koeajoa 43 kpl. Rikkoutuneista komponenteista aiheutuvat häiriöt ja viivästykset tuotannolle ovat merkittäviä. Komponenttien vaihtoon ja materiaalin hankintaan kuluu aikaa. Jos materiaalia ei ole varastossa, vaikutukset saattavat olla merkittäviä. Koeajoaikataulut vaarantuvat ja sitä kautta asiakastoimitukset saattavat myöhästyä.

Suunnittelun merkitystä hyvän laadun varmistamiseksi ei voi liiaksi korostaa. Suunnittelussa tulisi ottaa huomioon, aikaisempaa tarkemmin, kaapelireititykset. Yksinkertaiset ja edulliset kaapelikiskot kaikille kaapelireiteille olisi toivottavaa. Käytössä olevista kaapelikiskoista ei löytynyt riittävän hyvää mallia, joten esimerkikiratkaisuna 3D-tulostimme kaksi edullista ja yksinkertaista mallia(**Kuva 11.** ja **Kuva 12.**).



Kuva 11. Kaapelikisko1, mallintaminen.



Kuva 12. Kaapelikisko 2, mallintaminen.



Kuva 13. Kaapelikisko 1, muovista tulostettu malli.

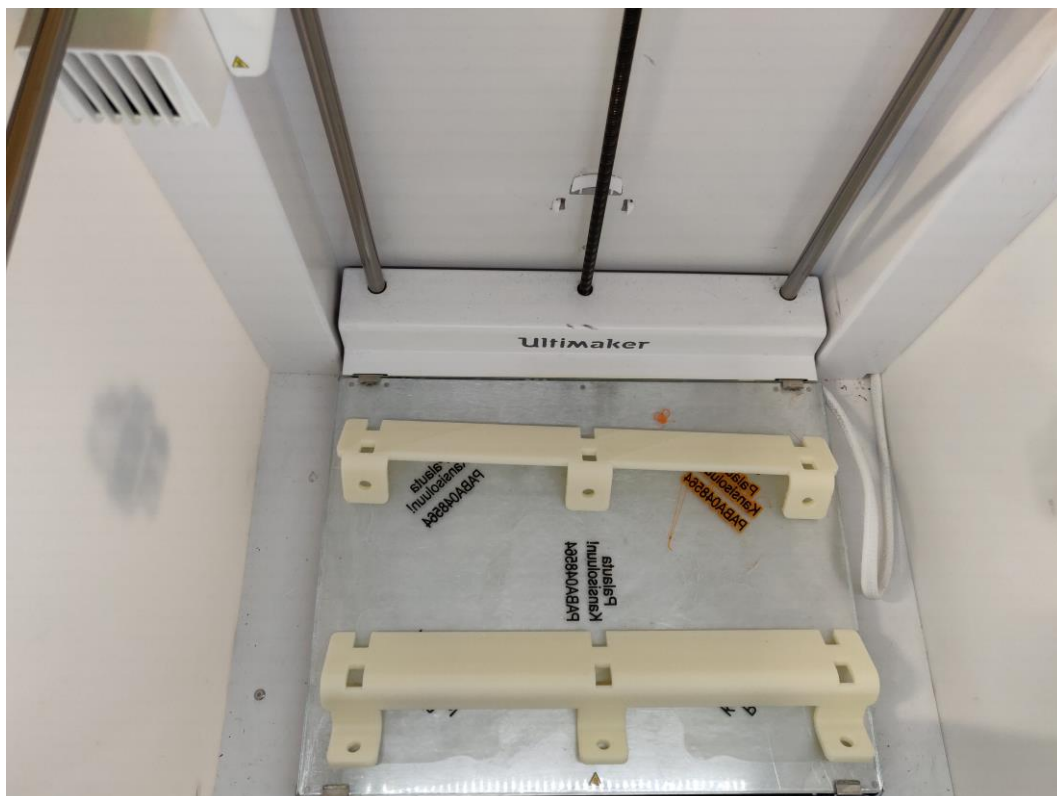
Kaapelikisko 1-mallista kiskoa voi tarvittaessa muotoilla pituussuunnassa vastaamaan monimutkaisempia muotoja (**Kuva 13.**).



Kuva 14. Kaapelikisko 2, muovista tulostettu malli.

Kaapelikisko 2 on rakenteeltaan jäykkä ja suojaa kaapeleita paremmin (**Kuva 14.**).

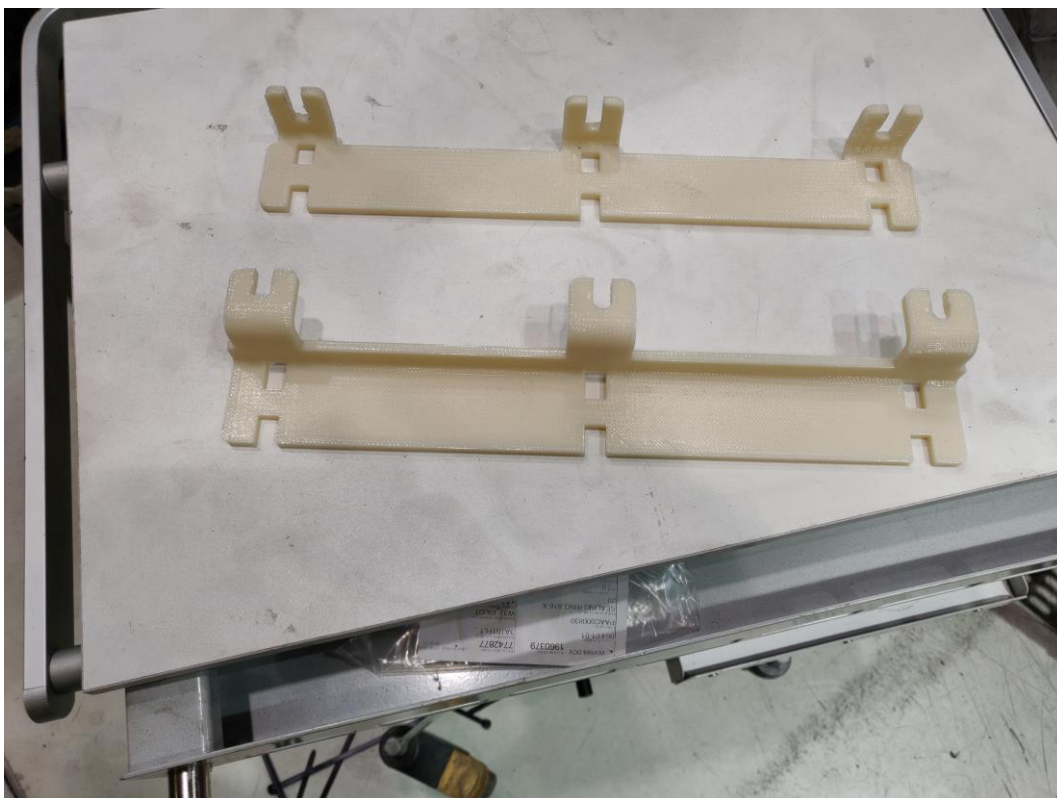
Ensimmäiset versiot olivat hyviä, mutta teimme vielä pieniä parannuksia ja tulostimme parannetut versiot (**Kuva 15.**).



Kuva 15. Parannetut versiot tulostimessa.

Tulostimen koko rajoitti mallikappaleen pituutta.

Parannetuista versioista jäi vielä avaamatta kiinnityspulttien reiät hahloiksi. Avasimme reiät tulostuksen jälkeen käsin sahaamalla. Pieni, mutta merkityksellinen asia, kun kaapelikiskoa kiinnitetään moottoriin. Kaapeliniput ovat jäykkiä ja asennus pyöreään reikään mahdollisesti hankalaa. Vastaavasti, kun kiinnitys tulee avattuun hahloon, laipalliset kiinnitysruuvit voi käsin pyörittää paikoilleen ja kaapelikiskon painaa ruuvien alle (**Kuva 16.**).



Kuva 16. Kiinnitysreiät avattu hahloiksi.

Näissä malleissa pyrittiin ottamaan kaikki tarvittavat asiat huomioon. Yksinkertaisuudella pyrimme varmistamaan kustannustehokkaan ratkaisun. Ainevahvuudeksi kiskoille suunnittelimme 5 mm:ä ja työstömenetelmiksi Laserleikkauksen ja kanttikoneella taivutuksen. Pintakäsittelyksi suunnittelimme sinipassivoinnin tai toisena vaihtoehtona kustannuksiltaan edullisemman maalauksen. Jäykemmässä, kahdesti taivutetussa kiskossa aineenvahvuutta on mahdollista pudottaa 3mm:iin saakka. Muotoilulla varmistettiin kaapelisiteiden paikkojen vakiointi. Kaapelisiteet tulevat näin kiinnitettyä oikealla etäisyydellä ja oikeilla siteiden määrällä.



Kuva 17. Kaapelisiteille määritetty paikoitus.

Kaapelin mitoitus on helppoa, kun kiinnitys on aina samalla tavalla. Näin varmistetaan myös visuaalisesti samanlaiset tuotteet. Kaapelisiteiden asennusta helpottamaan on kiskon toisella puolella reikä ja toisella puolella avoin hahlo. Tämäkin on varsin merkityksellinen asia asennuksen sujuvuuden kannalta. Metallisella kaapelisiteellä reiästä reikään pujottaminen onnistuu kohtuudella, mutta jäykällä ja palamattomalla muovisiteellä, kahdesta lähekkäin olevasta reiästä pujottaminen on hankala. Kiskon toisen reunan umpinaisella neliöreiällä varmistetaan paksun kaapelinipun paikallaan pysyminen. Muotoilulla pyrimme myös varmistamaan, että kaapelinippu voidaan tarvittaessa suojata asentamalla kaapelinippu kaapelikiskon ala- / sisäpuolelle. Tämä on tärkeää paikoissa, joissa on mahdollista, esim. huollon yhteydessä astua kaapelinipun päälle tai muista syistä halutaan kaapelinippu pois näkyviltä.



Kuva 18. Kaapelinippu suojattu kiskon takapuolelle.

Olemassa oleva kaapeliarina vaatii kiinnitykseen erillisen kiinnityskappaleen. Ruuvit, joilla arina kiinnitetään kiinnikkeeseen, jäävät usein kaapelinipun alle. Mallinnetussa kiskossa ei tarvitse erillisiä kiinnikkeitä, mikä vähentää perustettavien materiaalien määrää ja hallintaa. Mallinnetussa kiskossa kiinnitysruuvit ovat aina helposti avattavissa kaapelinippuun koskematta (**Kuva 19**).

Mallinnettuja kaapelikiskoja voi valmistaa myös ohutpeltityönä. Ohutpeltityönä valmistettuna kustannuksia saadaan vielä alas, mutta merkittävänä haittana on terävät reunat. Terävät reunat vaikuttavat työturvallisuuteen. Myös mahdollisten muovisten kaapelisiteiden kestävyys terävää reunaa vasten on otettava huomioon. Moottorin käydessä, tärinä ja terävä reuna voivat olla huono ratkaisu muoviselle siteelle.



Kuva 19. Mallinnetussa kiskossa kiinnitysruuvit hyvin esillä.

Muutama esimerkki olemassa olevista, asennuksen kannalta hyvistä kaapelikiskoista.



Kuva 20. Malliesimerkki hyvästä suunnittelusta.

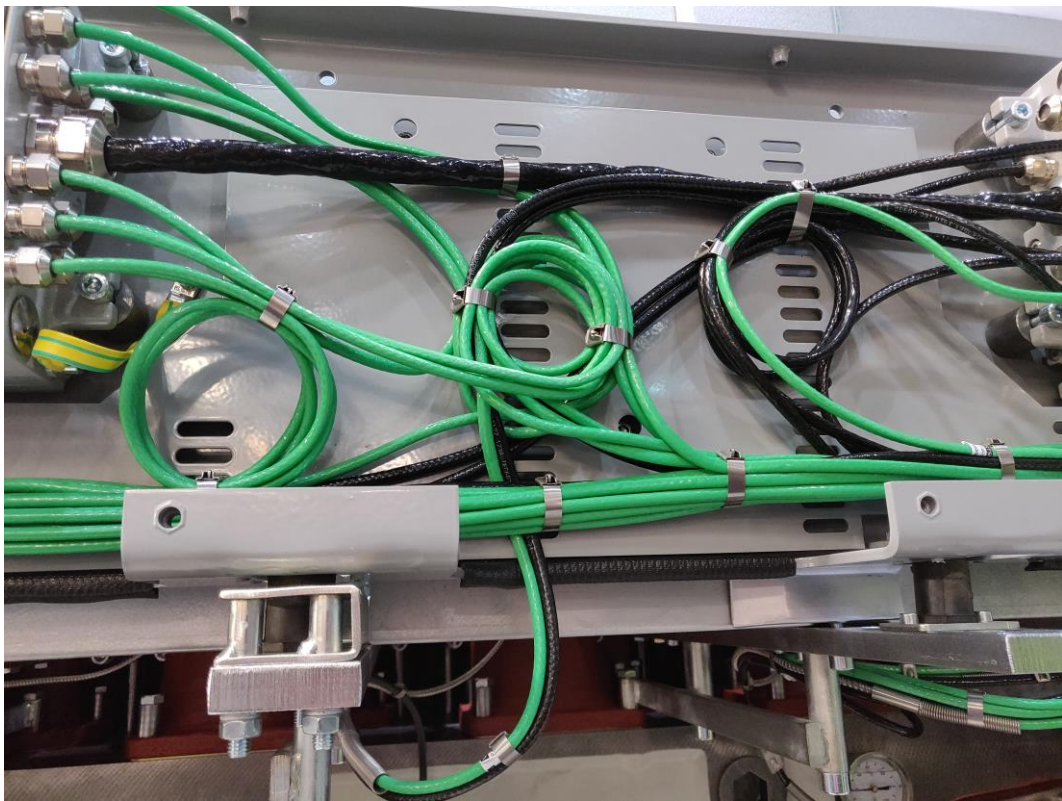
Kuvassa 20 hyvin kaapelia suojaava ratkaisu, joka on helppo asentaa ja visuaalisesti miellyttäviä. Miinuksena kallis hankintahinta.



Kuva 21. Malliesimerkki hyvästä suunnittelusta.

Edullinen ja yksinkertainen ratkaisu, mutta kaapelisiteen pujottaminen haastavaa (**Kuva 21.**).

Hyvä suunnittelu täyttää SFS 6000-standardisarjan määritykset kaapelireiteille. Hyvin suunnitellut kaapelireitit mahdollistavat kaapeloinnin tarkan mitoituksen. Periaatteellisia ja suuntaa antavia piirustuksia tulisi välttää (**Kuva 22.**).



Kuva 22. Periaatteellisen piirustuksen kaapelimitoitukset.

Edellytykset toimivalle osakokonpanolle antaa suunnittelu. Jälkeenpäin tehdyt Designmuutokset huonosti toimiville ratkaisuille on hidasta ja kallista.

9 SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVIA ASIOITA

9.1 ”Pinta-asennus”

Kaapelireittien ja kaapeliarinoiden suunnittelussa tulisi huomioida, että osakokoonpano pyritään kokoamaan mahdollisimman täydellisenä. Jotta osakokoonpano pystytään asentamaan moottoriin täydellisenä, tulee suunnittelu toteuttaa ns. pinta-asennuksena. Ahtaista paikoista kulkevia reittejä ja ylimääräisiä läpivientejä sekä putkien läpi kulkevia kaapeleita tulisi myös välttää.

9.2 Turbon anturointi

Turbon anturointia suunniteltaessa, asennus ja huollettavuus tulisi huomioida. Asennuksen tulisi onnistua helposti turbokokoonpanon ollessa kiinnitettynä moottorilohkoon. Läpiviennit eristeiden sisään tulee olla hyvin näkyvillä. Eristelaatikon kokoonpano tulee saattaa sellaiseen muotoon, että anturien kiinnitys on sujuvaa ja eristelaatikon kokoaminen on helppo toimenpide antureita asentaessa ja huoltaessa.

9.3 Lohkon sisälle tulevat anturit

Kaikille antureille lohkon sisällä tulisi läpiviennit lohkon sisään olla niin isoja, että anturi voidaan kytkeä jigillä.

Runkolaakerien lämpötila-anturien kaapelin kiinnitys lohkon sisällä tulisi toteuttaa siten, että runkolaakerin satulan voi laskea irrottamatta anturia.

9.4 Kaapelien kiinnitys

Osakokoonpanolla pyritään minimoimaan työ pääkokoonpanossa. Maksimi hyöty jigillä tehdystä työstä saavutetaan silloin, kun pääkokoonpanossa ei tarvitse kuin kiinnittää moduulit, kaapeliarinat/kaapelikiskot ja anturit/toimilaitteet. Kaapelien kiinnityksiä suunniteltaessa tulee huomioida, että kaikki kaapelit tulisi kiinnittää kaapeliarinoihin tai kaapelikiskoihin. Kiinnityksissä pitää välttää pienmateriaalia tarvitsevia kiinnityksiä. Esimerkiksi panduit-ankkureita, klipsejä ja clamppejä tulisi välttää. Tämä vaatii yksityiskohtaista suunnittelua jokaiselle kaapelireitille.

Vastaavasti aikaa säästetään kokoonpanoissa merkittävästi. Kaapelien pituudet onnistutaan myös näin määrittelemään kerralla riittävän tarkasti. Kaapelien pituuksien kanssa on ollut paljon ylimääräistä uudelleenmitoitusta. Yksinkertaiselta kuulostavan asian läpivienti piirustusmuutosprosessista on osoittautunut haastavaksi. On tavanomaista, että piirustusta ei muuteta pelkästään väärän kaapelimitan takia. Kaapelikiskoissa tulisi olla valmiit paikat kaapelisiteille (panduit/nippuside). Tämä varmistaisi visuaalisesti samankaltaiset tuotteet.

Hyvin suunnitelluilla kaapelireiteillä varmistetaan myös tuotteiden samankaltaisuus. On todettu, että suuntaa antava kaapelireititys piirustuksessa mahdollistaa visuaalisesti erinäköiset tuotteet. Tämä on aiheuttanut asiakkailla ihmetystä, vaikka saman projektin moottorit pyritään valmistamaan samalla tavalla, mutta jos ei ole vertailukohdetta, eroavaisuuksia saattaa syntyä.

Sivuluukussa tulisi ottaa mahdollisuuksien mukaan huomioon kaapelien sijoittelu. Sivuluukun sisällä virransyötöt tulisi pitää mahdollisimman erillään väylä- ja mittauskaapeleista. Kaapelireitit WTB-boksien takaa on todettu myös huonoksi vaihtoehdoksi. Kaapelien kiinnityksiä boksien takana on hankala toteuttaa.

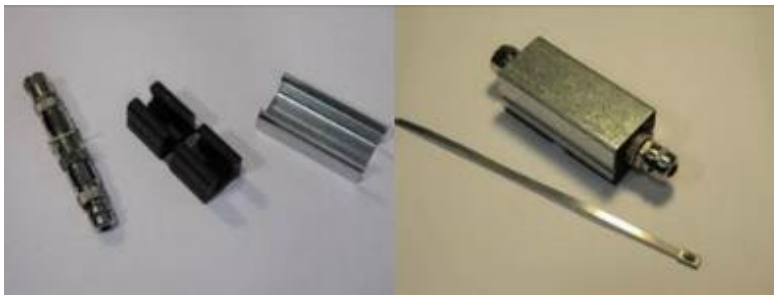
WTB-boksien läpivientien sijoitukseen tulisi myös kiinnittää huomiota. Ensimmäisenä kytkettävät kaapelit tulisi tuoda sisään lähinnä pohjaa olevista läpivienneistä, päällimmäiseen läpivientirivistöön viimeisenä kytkettävät kaapelit. Lisäksi läpivientejä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon kaapelin lähtösuunta. Boksien läheisyyteen ei saada kiinnitystä kaapelille. Jos kaapeli risteää toisen kaapelin kanssa siten, että kaapelien kuoret koskettavat toisiinsa, on vaarana ja todennäköistä, että kaapelit hankaavat suojakuoret rikki.

9.5 Sylinterikohtaiset varusteet

Sylinterikohtaisten varusteiden kaapelikiskot tulisi suunnitella siten, että pienmateriaalia ei tarvita. Kaapelikiskojen olisi hyvä muodostua kahdesta eri osasta, jolloin kaapeleiden niputus onnistuu jigillä ja kaapelit kiskoineen voidaan taittaa kasaan, kun osakokoonpanoa nostetaan ja asennetaan.

Sylinterikohtaisia kaapelikiskoja suunniteltaessa tulisi tutkia mahdollisuutta käyttää samoja kiskoja V- ja L-moottorilla. Näin saataisiin valmistusmäärät suurikisi ja mahdollisesti kappalehintoja alhaisemmaksi.

Sylinteripaineanturien ja mahdollisten ruiskutussuuttimien liittimien sijoitus tulisi olla sylinterikohtaisella kaapelikiskolla mahdollisimman lähellä anturia. Tämä mahdollistaa kaapeleiden niputukset jigillä. Myös mahdollinen huolto ja anturin vaihto on helppoa, kun kaapelinippuja ei tarvitse avata.



Kuva 23. Sylinteripaineanturin liitin. /12/

9.6 Komponenttien sijoitus

Automaatiokomponentit tulisi sijoittaa siten, että kaapelin lähtö laitteesta tai anturista pystytään toteuttamaan alaspäin. Näin varmistetaan, että kaapelia pitkin ei valu läpivientiin nesteitä, esim. öljyä.

10 OSAKOKOONPANO

Osakokoonpanolla pyritään minimoimaan pääkokoonpanossa automaation asennukseen käytettävä aika. Näin varmistetaan paras mahdollinen tuotteen läpimenoaika pääkokoonpanossa. Osakokoonpanon määrittelyt liitteessä (**Liite 4**).

11 TYÖKALUT

Jigin runkoon tulisi käyttää Rexroth-profiilia. Tämä on W31-jigillä todettu hyväksi ja toimivaksi mittatarkaksi ratkaisuksi. W31-jigin materiaalinumero on PAAF614419. Jigiin tulisi suunnitella kiinnitykset jokaiselle moottoriin tulevalle kaapelikiskolle ja kiinnitykset kaikille moduuleille.

Nostovälineen suunnittelussa tulisi huomioida käytettävyys V- ja L-moottorille.

Automaatiojigille tarvitaan kattava automaation testauslaitteisto. Kehitteillä oleva testauslaitteisto W31-tuoteperheelle soveltuu kaikille tuotteille, joissa on Unitool-pohjainen ohjelmisto. Tämä laitteisto soveltuu siis myös uusille W2x-tuotteille, joten uutta testauslaitteistoa ei tarvitse erikseen suunnitella.

12 SWOT-ANALYYSI

SWOT-analyysi (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) on nelikenttä-tutkinta, jolla pyritään kartoittamaan projektin vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia. Toteutin Swot-analyysin lähettämällä sähköpostilla kyselyn eri tehtävissä työskenteleville henkilöille. Kyselyn vastaanottajina oli verstpäälliköitä, suunnittelijoita, asentajia, spesialisteja, software suunnittelijoita ja ammattikorkeakoulun opettaja. Tutkinnassa oli erikseen automaation osakokoonpano ja uuden tuotteen automaation suunnittelu.

Taulukko 2. SWOT-analyysi, osakokoonpano

VAHVUUDET:	HEIKKOUEDET:
<ul style="list-style-type: none"> -Lyhentää vaihe aikaa ja mekaanisen työn päällekkäisyyttä -Parempi työergonomia -Voidaan aloittaa riippumatta mekaanisesta valmiudesta -Lähes kaikki anturit saadaan testattua oikeilla paineilla ja lämmityksillä. -Sama toimintamalli kuin muissakin uusissa tuotteissa → W31 ja W46TS -Yksi iso moduuli, joka asennetaan pääkokoonpanossa → tuo tehokkuutta -Laaja testaus -Automaation testaus osakokoonpanossa, enemmän aikaa korjauksille -Automaatiotyön tekeminen erillään mekaanisesta kokoonpanosta (pääkokoonpano) 	<ul style="list-style-type: none"> -Jigin runko ei saa heittää millliäkään, vaikeuttaa asennusta -Tarvitaan iso jigi ja nostorauta, jotka vievät tilaa. -Kokoonpano aika...? -Työvälineiden (jigi & nostorauta) koko & hinta

<p>MAHDOLLISUUDET:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Mahdolliset virheet ilmenevät aikaisemmin -Parannuksiin / kehitykseen helpompi vaikuttaa, kun koko työ tehdään yhdessä paikassa -Pystytään testaamaan laajasti, mikä varmistaa koeajon tehokkuuden -Parempi laatu -Lyhentää pääkokoonpanon läpimenoaikaa -Parempi ergonomia & työturvallisuus 	<p>UHAT:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Virheet voivat monistua -Antureiden johdotuksien mittavirheet näkyvät vasta loppuasennuksessa -Työturvallisuus varmistettava → nosto -Vaatii menetelmän huomioon ottamista tuotteen suunnittelussa -Jigin ja nostoraudan toimivuus & käytettävyys
---	---

Taulukko 3. SWOT-analyysi, automaation suunnittelu

<p>VAHVUUDET:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Voidaan käyttää uusinta teknologiaa -Pystyy huomioimaan myös työturvallisuuden, esimerkiksi antureiden paikat voidaan huomioida, joita koeajossa testataan koneen käydessä -Opinnäytetyön tekeminen on todella hyvä suunnittelulle, meidän osastollemme ja koko tuotteelle -Tuotantoprosessin ja tuotteen suunnittelu samanaikaisesti 	<p>HEIKKOUEDET:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Uuden teknologian ongelmat saattavat tulla esiin vasta pidemmällä aikavälillä -Aika loppuu aina kesken...? -Vaatii hyvää kommunikointia molempiin suuntiin (tuotanto vs. design), mutta myös muille (design to value, hankinta, yms.)
--	---

MAHDOLLISUUDET:	UHAT:
<ul style="list-style-type: none"> -Kaapelipituuksien validointi -Vanhojen mallien ongelma/heikot kohdat voidaan suunnitella paremmiksi -Voidaan saada vielä laajempi kokonaisuus testattuna hyvällä ja tiiviillä yhteistyöllä suunnittelun kanssa kuin esim. W31 → turbon automaatio mukaan... -Uudet kaapeliarinat → yhtenäistävät ja helpottavat työn suoritusta -Kaapelien reitityksiin voidaan vaikuttaa suunnittelemalla kokoonpanoprosessia rinnakkain designin kanssa -Valmistettavuuden huomiointi jo suunnitteluvaiheessa -Hyvä sopivuus tuotannon tarpeisiin 	<ul style="list-style-type: none"> -Asennushaasteet, esim. osien asennusjärjestys ei välttämättä onnistu käytännössä -Emme saa kaikkea haluamaamme tuotteeseen, joka tehostaisi ja helpottaisi kokoonpanoa -Suunniteltua tuotantoprosessia ei oteta huomioon => design ei sovi erilliseen osakokoonpanoon -Tuotesuunnittelun aikataulu liian tiukka muutoksille & kehitykselle -Kustannuspaineet ajavat valmistuksen kannalta epäedullisiin ratkaisuihin

Yhteenvetona molemmista analyyseistä voidaan todeta, että mahdollisuuksia ja vahvuuksia nähtiin enemmän kuin uhkia ja heikkouksia. Vahvuuksissa ja mahdollisuuksissa nähtiin useasti samankaltaisia asioita eri vastaajien toimesta.

Analyyseissä nousi esiin kaapelireitit ja -arinat, lähinnä mahdollisuuksina. Testaus jigillä vastaavasti nähtiin vahvuutena. Heikkouksina esille nousi jigin hinta ja koko. Uhkina nähtiin tuotteen suunnittelun sopivuus jigillä työskentelyyn, kustannuspaineiden vaikutus ja riittävä kommunikointi tiimien välillä.

13 YHTEENVETO

13.1 Läpimenoaika

Kokoonpanojen läpimenoaika varmistetaan hyvällä suunnittelulla. Hyvällä teknisellä muotoilulla varmistetaan paras mahdollinen hyöty osakokoonpanosta. Automaation osakokoonpanon jigiin panostamalla maksimoidaan turvallinen, tehokas ja hyvälaatuinen osakokoonpano, joka pystytään asentamaan moottoriin oikea-aikaisesti.

13.2 Laatu

Automaation osakokoonpanon oikealla asennushetkellä tuotetaan hyvälaatuista automaatiota koeajoon ja sitä kautta loppuasiakkaalle. Mahdolliset poikkeamat saadaan ajoissa kiinni, kun testaus tapahtuu jo jigillä. Valmiiksi jigillä kaapelikiskoihin kiinnitetyt kaapelit varmistavat osaltaan laadun tuottoa.

13.3 Kustannustehokkuus

Täydellinen automaatio-osakokoonpano varmistaa tehokkaan työskentelyn pääkokoonpanossa. Tuotteen läpimenoaikaan voidaan näin vaikuttaa oleellisesti. Suunnittelun alkuvaiheessa oikeilla suunnittelun pääsuunnilla on suuri merkitys kustannuksiin. Tätä työtä tehtäessä vaikutusmahdollisuudet kustannuksiin oli mekaanisella puolella. Käytettävät anturit, kaapelit ja kotelot ovat olemassa olevia materiaaleja, joiden kustannuksiin ei ole suuria mahdollisuuksia vaikuttaa.

13.4 Työn eteneminen ja tulokset

Työ eteni suunnitelmien mukaan ja aikataulussa pysyttiin. Työ sisälsi lukuisia palavereita liittyen uuden tuotteen tuotannollistamiseen ja automaation suunnitteluun. Tiedon kerääminen oli haastavaa ja varsinaisesti ulkopuolista kirjallisuutta ei ollut käytettävissä.

Työn tuloksia on nähtävissä uuden tuotteen rakenteissa, etenkin suunniteltuja kaapelikiskoja on käytössä. Muita tuloksia on nähtävissä mahdollisesti myöhemmin.

14 LOPPUSANAT

Työn kannalta oli välttämätönä olla osallisena NPI-tiimissä. Kiitos työn onnistumisesta kuuluu koko NPI-tiimille, erityisesti Juha Tapolalle, Markus Välimäelle ja Pasi Hautamäelle. Kiitos myös kaikille uuden tuotteen suunnitteluun kuuluville tiimeille.

LÄHTEET

- /1/. Wärtsilä internetsivusto. Wärtsilän tilinpäätöstiedote tammi-joulukuu 2019. 2020. Viitattu 19.2.2020. <https://www.wartsila.com/fi/media-fi/uutinen/30-01-2020-wartsilan-tilinpaatostiedote-tammi-joulukuu-2019-2629614>
- /2/. Wärtsilä Intranet. 2020. Viitattu 19.2.2020.
- /3/. Wärtsilä Intranet. 2020. Viitattu 19.2.2020.
- /4/. Google Maps. 2020. Viitattu. 20.2.2020. <https://www.google.fi/maps/@63.1033929,21.6260375,15z>
- /5/. Wärtsilä Intranet. 2020. Viitattu 20.2.2020.
- /6/. Wärtsilä M-files. Automation training power point. Viitattu 22.2.2020.
- /7/. Wärtsilä M-files. Automation training power point. Viitattu 22.2.2020.
- /8/. Wärtsilä internetsivusto. Wärtsilä Solutions Catalogues. 2020. Viitattu 24.2.2020. <https://www.wartsila.com/docs/default-source/power-plants-documents/pps-catalogue.pdf>
- /9/. Wärtsilä Intranet. Wärtsilä sales intro. 2020. Viitattu 24.2.2020.
- /10/. Wärtsilä Intranet. Product Leaflet. 2020. Viitattu 24.2.2020.
- /11/. Wärtsilä internetsivusto. 2020. Viitattu 24.2.2020. <https://www.wartsila.com/marine/build/engines-and-generating-sets/dual-fuel-engines/wartsila-20df>
- /12/. Wärtsilä M-files. Electrical installation guide. Viitattu 30.3.2020.

LIITTEET

LIITE 1, salassapidettävä

LIITE 2, salassapidettävä

LIITE 3, salassapidettävä

LIITE 4, salassapidettävä